

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K17768

研究課題名（和文）膝前十字靭帯損傷の危険因子になり得る衝撃吸収パターンの解明

研究課題名（英文）Verification of landing pattern as a risk factor for anterior cruciate ligament injury

研究代表者

菊元 孝則（Kikumoto, Takanori）

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・講師

研究者番号：10780653

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：成長期における女性の膝前十字靭帯（ACL）損傷は、ACL再建術後における反対側の損傷率が高い問題を抱えている。その要因として、筋力に着目した競技への復帰基準が一般的であり、運動学的な基準が確立されていないことが考えられる。本研究の目的は、ACL損傷の好発動作である片脚着地に着目し、ACL再建術側と反対側の着地パターンの相違を明らかにすることとした。

再建術側では股関節衝撃吸収量が有意に高値を示し（ $P=0.03$ ）、反対側では足関節衝撃吸収量が有意に高値を示した（ $P=0.02$ ）。ACL再建術後における再建術側と反対側での各下肢関節衝撃吸収量は異なり、再損傷の危険因子も異なる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果より、膝前十字靭帯（ACL）損傷の好発動作である片脚着地時において、ACL再建術側と反対側の衝撃吸収パターンは異なることが示唆された。現在、ACL再建術後の復帰基準として、筋力に着目している報告が多いが、再損傷率を下げるまでに至っていない。片脚着地時の衝撃吸収パターンに着目した危険因子が明らかとなることにより、今まで見落とされていた運動学的なリスクを有する選手を炙り出すことが可能となることが示唆された。再損傷率のみならず、ACL損傷率を下げることに期待でき、新たな予防法の解明の一助になると考える。

研究成果の概要（英文）：Anterior cruciate ligament (ACL) injury in growing women has a high contralateral injury rate after ACL reconstruction surgery. As a cause of this, the return to sports criteria focusing on muscle strength is common, and it is considered that the kinematic criteria have not been determined. The purpose of this study is to focus on the single leg landing, which is a common movement of ACL injury, and to clarify the difference in the landing pattern between the ACL reconstruction side and the opposite side.

On the reconstructive side, hip impact absorption was significantly high ( $P=0.03$ ), and on the opposite side, ankle impact absorption was significantly high ( $P=0.02$ ). These results suggest that the amount of joint shock absorption on the reconstructive side and that on the opposite side are different, and the risk factors for reinjury may also be different.

研究分野：スポーツ理学療法

キーワード：膝前十字靭帯損傷 反対側 衝撃吸収パターン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

膝前十字靭帯(ACL)損傷は、本邦において年間1~3万件のACL再建術が行われ(阿部.2011)、再建術後、競技復帰まで長期間を要する症例が多く、競技力向上の妨げになっている。加えて、ACL再建術後における「再建術側」の再断裂は6.8%(中畑.2015)であるにも関わらず、「反対側」の損傷率は26%と高値を示している(Leys.2012)ことが問題視されている。また、ACL損傷は第2次成長期の女性アスリートに多く(鈴川.2009)、損傷後に将来設計を変えざるを得ない選手も少なくない。受傷機転は、約70%が非接触型損傷であり(Agel.2005)、損傷時に発生する唯一の外力である、床反力鉛直成分(以下:VGRF)のピーク値が危険因子のひとつと考えられている(Shultz.2010)。また、片脚着地動作を必要とするスポーツへの競技復帰は、そうでない競技に比べ、4.32倍もの「反対側」損傷率(Heg.2016)を有している。

ACL再建術後の「反対側」は、損傷リスクが高い衝撃吸収パターンのまま、競技復帰をしている可能性が高いのではないかと考えた。我々は、膝関節に大きく寄与した衝撃吸収パターンにより、危険因子であるVGRFピーク値が高値となり、損傷が発生している可能性が高いのではないかと仮説を立てた。そこで、ACL再建術の既往者を対象に予備実験を実施した結果、3例のみではあるが、「再建術側」と「反対側」において、片脚着地時の衝撃吸収パターンに左右差があることを発見した。「再建術側」は、ACL損傷の既往歴がない対象と同じパターンであったのに対し、「反対側」は異なるパターンで片脚着地を行っていた。これは、競技復帰に向けたリハビリテーションが、「再建術側」のみに注視されているのではないかと考えた。

非接触型ACL損傷の予防には、解剖学的な特徴など、不変的な要素を補う動作特性の改善が必要であると考えられている(Boden.2007)。個人によって異なる動作特性の改善には、好発動作である着地動作時の衝撃吸収パターンを明らかにする必要があると考えられる。そこで我々は、個人によって異なる股関節の動的アライメントを分類し、片脚着地時の膝関節アライメントに及ぼす影響について検討した。その結果、股関節動的アライメントの違いにより、ACL損傷の危険因子である膝内方変位量が高値を示す着地動作が存在することを立証した。股関節動的アライメントの改善により、非接触型ACL損傷の予防へと繋がる可能性を明らかにした(菊元.2017)。また我々は、片脚着地時における足関節の矢状面上のモーメントと、VGRFピーク値との相関関係を検討した。その結果、足関節底屈モーメントが高値を示す着地動作では、VGRFピーク値が有意に低値を示す、負の相関関係を立証した。従って、片脚着地時の足関節底屈モーメントを高値にすることにより、非接触型ACL損傷の危険因子のひとつであるVGRFピーク値を低値に抑える可能性を明らかにした(菊元.2018)。

これまでの研究成果より、股関節と足関節の運動特性による片脚着地動作への影響を明らかにしたが、片脚着地動作は下肢関節の複合動作であるため、今後は効率的な下肢関節での衝撃吸収パターンの分類を行い、その結果に基づき、ACL再建術後の「反対側」における衝撃吸収パターンを明らかにし、「反対側」再損傷が高値を示す原因究明を行う必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、成長期女子バスケットボール選手を対象に、片脚着地時における、ACL再建術後の再建術側と反対側における衝撃吸収パターンの相違を明らかにすることとした。

### 3. 研究の方法

対象:片脚ACL再建術の既往を有する女性7名(年齢 $17.2 \pm 1.8$ 歳、身長 $164.0 \pm 7.6$ cm、体重 $59.2 \pm 5.5$ kg)の健患側、計14脚を対象とした。本研究への参加に先立ち、全ての被験者に本研究の主旨および実験内容について口頭および書面にて説明し、各被験者から書面にてインフォームドコンセントを得た。また本学倫理委員会の承認を得て行われた。

方法:対象者には高密度着タイツを装着させ、着用シューズの特性を排除するため、全対象者に同メーカー・同デザインのバスケットボールシューズ(Asics, Gelhoop V8)を履かせた。14mm径の反射マーカを全身の40点に貼付し、さらに動作を詳細に分析する次の部位にはマーカを多く貼付することによって剛体としての安定性を高める工夫を図った:骨盤5点(上前腸骨棘と上後腸骨棘、仙骨);大腿部5点(大転子と大腿骨内外側上顆、大腿中央部);下腿部5点(脛骨粗面と脛骨内外果、脛骨中央部);足部3点(第3・第5中足骨、踵骨)。なお、マーカの貼付は特定の検者1名によって行われた。分析する試技は、ACL損傷後の競技復帰基準に用いられている片脚着地での前方跳躍、Single Hop Testとした。踏み切り線に片脚のつま先を合わせ、両手の動きは制限せずに最大努力で前方への跳躍を試行し、床反力計上に5回の片脚着地を試行した。

動作の3次元測定には、モーション・キャプチャー・システム VICON(Oxford metrics 社製:サンプリング周波数120Hz)、床反力成分の計測にはフォースプレート(OR6-6-200, AMTI 社製:サンプリング周波数1,200 Hz)を使用した。モーション・キャプチャー・システムによる、反射マーカの3次元位置の検出残差は0.4mm以内であった。得られた反射マーカの3次元位置データは、カットオフ周波数20Hzの4次バターワースフィルタによって平滑化した。解析ソフトはBody builder(VICON Motion system 社製)を用い、反射マーカの3次元位置データから骨盤、大腿部、下腿部、足部の身体の各部分を推定し、各関節中心に関節座標系を決定した。これらの座標系を用いて膝関節と足関節の角度を算出した。膝関節角度は、大腿部と下腿部の相対角度として屈曲(+ )伸展(- ), 外反(+ )内反(- ), 外旋(+ )内旋(- )で表し、足関節角

度は、下腿部と足部の相対角度として背屈(+)底屈(-)、外反(+)内反(-)、外旋(+)  
内旋(-)で表した。これらの関節角度は、両脚立位静止時の姿勢でオフセットした。分析区  
間は、床反力が10Nを超えた地点を初期接地(Initial Contact: IC)とし、ICから80msecとし、  
矢状面上の関節内のモーメントと関節角速度を体重と時間で除した関節衝撃吸収量(W/kg/s)を  
算出した。衝撃吸収量の比較には対応のあるt検定を用い、有意水準は5%とした。

#### 4. 研究成果

片脚着地時において、反対側で再建術側に比して、ACL 損傷の危険因子と考えられている VGRF  
ピーク値が有意に高値を示した( $P=0.01$ )。また再建術側の股関節衝撃吸収量が有意に高値を示  
し( $P=0.03$ )、反対側では足関節衝撃吸収量が有意に高値を示した( $P=0.02$ )。ACL 再建術後  
において、再建術側と反対側での各下肢関節衝撃吸収量は異なる可能性があり、再損傷の危険因子  
も異なる可能性が示唆された。本結果より、ACL 再建術後の競技復帰基準は、衝撃吸収量を構成  
する関節モーメント、関節角速度、関節パワーなどの運動学的な評価基準も設ける必要があると  
考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kikumoto Takanori, Akatsuka Kazuma, Nakamura Emi, Ito Wataru, Hirabayashi Ryo, Edama Mitsuaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Quantitative evaluation method for clarifying ankle plantar flexion angles using anterior drawer and inversion stress tests: a cross-sectional study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Foot and Ankle Research	6. 最初と最後の頁 12-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s13047-019-0337-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菊元孝則, 江玉睦明, 中村絵美, 伊藤 涉, 平林 怜, 熊崎 昌, 稲葉洋美, 大森 豪
2. 発表標題 膝関節伸展筋群における遠心性収縮時の量的・質的筋力評価と片脚着地時の床反力との関係-膝前十字靭帯損傷予防の観点から
3. 学会等名 第29回日本臨床スポーツ医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊元孝則, 稲葉洋美, 熊崎 昌, 中村絵美, 伊藤 涉, 平林 怜, 大森 豪, 江玉 睦明
2. 発表標題 疲労課題における片脚着地時の下肢関節衝撃吸収量の変調
3. 学会等名 第30回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊元孝則, 西野勝敏, 伊藤翔太, 鈴木秀知
2. 発表標題 膝前十字靭帯再建術後の競技復帰基準に用いられるLimb Symmetry Indexの生体力学的検証
3. 学会等名 第6回日本スポーツ理学療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊元孝則
2. 発表標題 慢性足関節不安定症を有する選手における足関節外側側副靭帯再損傷因子の検証
3. 学会等名 第6回日本バスケットボール学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊元孝則, 上松大輔, 鈴木秀知, 水谷 準, 信田純一, 小田口 唯, 近 良明
2. 発表標題 慢性足関節不安定症における足関節外側側副靭帯再損傷因子の検証
3. 学会等名 第74回日本体力医学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	江玉 睦明  (Edama Mutsuaki)		
研究協力者	大森 豪  (Omori Go)		
研究協力者	上村 征夫  (Kamimura Masao)		